

УДК 669.1

Л. А. Лобанова^{*}, А. В. Берштейн

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

**lobanova231097@mail.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук М. Л. Лобанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ИНТЕРВАЛА ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ СТАЛЕЙ СУПЕРМАРТЕНСИТНОГО КЛАССА

В работе описана проблема образования дефекта «полосчатости микроструктуры» в низкоуглеродистых сталях супермартенситного класса. Предложены варианты снижения вероятности образования данного дефекта. Для этого проведены термодинамические расчеты с целью подбора оптимального химического состава и температурного интервала горячей деформации.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь, полосчатость структуры, термодинамические расчеты, химический состав, горячая прокатка

L. A. Lobanova, A. V. Berstein

DETERMINATION OF THE OPTIMUM CHEMICAL COMPOSITION AND TEMPERATURE INTERVAL OF HOT DEFORMATION FOR STEELS OF SUPERMARTENSITIC CLASS

The formation problem of the “banded microstructure” defect in low-carbon steels of the supermartensitic class was described. Options for reducing the likelihood of this defect are proposed. For this, thermodynamic calculations were carried out in order to select the optimal chemical composition and temperature range of hot deformation.

Key words: low carbon steel, banding structure, thermodynamic calculations, chemical composition, hot rolling

Освоение нефте- и газовых месторождений в прибрежных зонах и открытом море предполагает использование труб

из высокохромистых коррозионностойких сталей типа «13Cr» и «супер-хром» [1–3]. Высокое легирование этого класса материалов обеспечивает в изделии при деформации и термических обработках дисперсную, мартенситную, структуру, упрочненную карбидными фазами, с уникальным комплексом химических и механических свойств [4–7].

К сталям супермартенситного класса относится исследуемая марка 10X13H3MФБ. Такие стали должны соответствовать ряду параметров, в число которых входит балл полосчатости микроструктуры. Указанный параметр характеризует дефект: «полосатость микроструктуры» [8], приводящий к разрушениям полуфабрикатов на этапе производства.

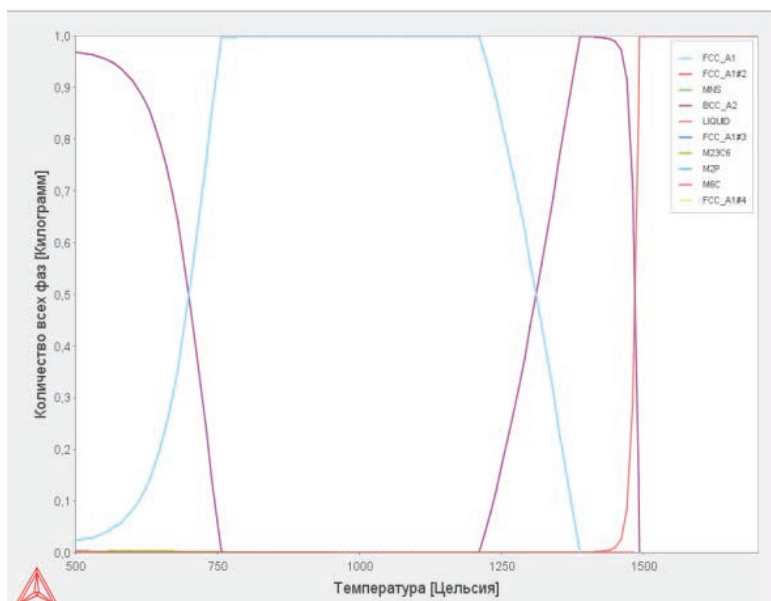
Возможной причиной появления дефекта является фазовая ликвация [9], которая не может быть устранена повторным нагревом. Однако имеется возможность снизить вероятность ее образования. Для этого важно обратить внимание на фазовый состав стали при ее выплавке и деформации, а именно проводить кристаллизацию и горячую прокатку стали, только в однофазных состояниях (в δ -феррита и аустенита соответственно).

Целью настоящей работы являлось определение оптимальных химического состава и температурного интервала горячей прокатки, удовлетворяющих условию однофазности материала при его обработке.

В качестве инструмента расчетов использовалось программное обеспечение Thermo-Calk. Применялись следующие функции программы: расчет фазовых равновесий для среднего химического состава с вариациями содержания С и Ni (рис. 1, а, б); построение политемических разрезов для среднего химического состава с различным содержанием Ni (рис. 2).

Расчет фазовых равновесий позволил проследить тенденцию влияния С и Ni на кристаллизацию сплава в δ -фазе. После анализа полученных результатов предложены оптимальные химические составы для выплавки исследуемых типов стали. По данным построенных политемических разрезов установлены температурные интервалы горячей прокатки для среднего химического состава с различным содержанием Ni — 2, 3, 4 мас. %.

a



б

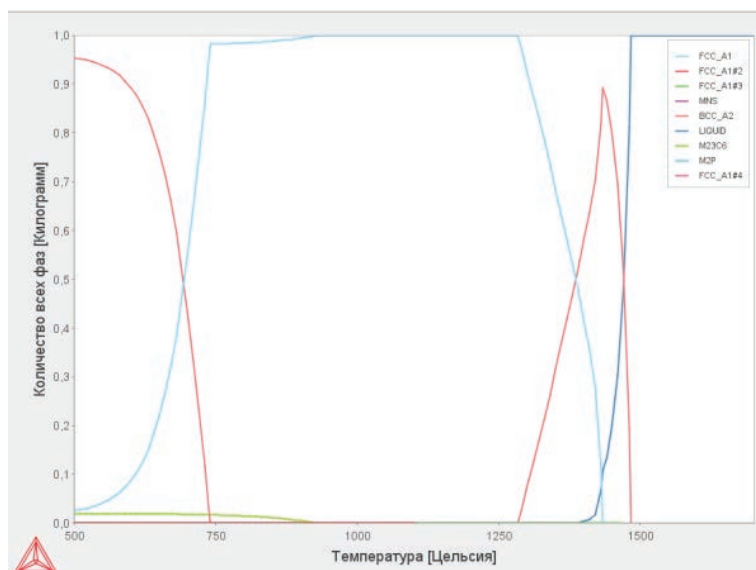


Рис. 1. Результаты расчетов фазовых равновесий для сталей типа 10X13N3MFB содержащих различное количество легирующих элементов:
a — 0,02 мас. % C, 3,0 мас. % Ni; *б* — 0,1 мас. % C, 4,0 мас. % Ni

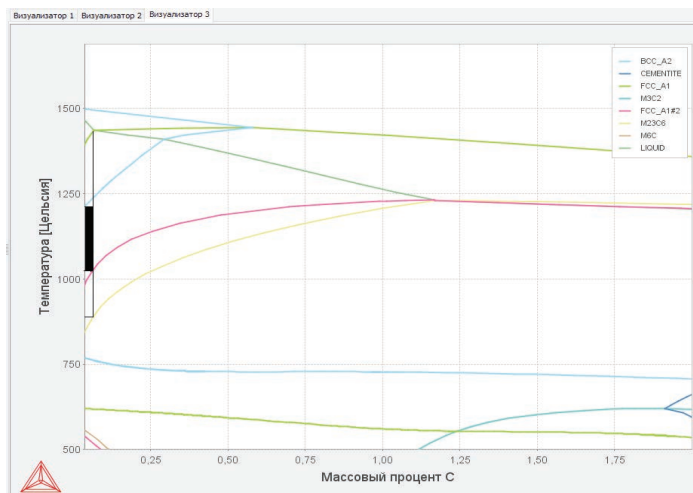


Рис. 2. Политермический разрез для среднего химического состава стали типа 10X13H3МФБ с содержанием 0,1 мас. % С и 4,0 мас. % Ni с обозначением оптимального температурного интервала горячей прокатки

Литература

1. Development of sour-resistant 13 % Cr oil-country tubular goods with improved CO₂-corrosion resistance / H. Asahi [et al.] // Nippon Steel Technical Report. 1997. No 1. P. 53–58.
2. Gooch T. G. Heat treatment of welded 13 %Cr4 %Ni martensitic stainless steels for sour service // Welding Journal. 1995. V. 74. P. 213–223.
3. Rhodes P. R. Environment-assisted cracking of corrosion-resistant alloys in oil and gas production environments: A review // Corrosion. 2001. V. 57. P. 923–966.
4. Lo K. H., Shek C. H., Lai J. K. L. Recent developments in stainless steels // Materials Science and Engineering R: Reports. 2009. V. 65. P. 39–104.
5. Механическое поведение и хрупко-вязкий переход в высокохромистой мартенситной стали / М. В. Однобокова [и др.] // ФММ. 2016. Т. 117, № 4. С. 404–413.
6. Microstructural evolution and low temperature impact toughness of a Fe-13 %Cr-4 %Ni-Mo martensitic stainless steel / Y. Y. Song [et al.] // Materials Science and Engineering A. 2010. V. 527. P. 614–618.
7. Akhmed'yanov A. M., Rushchits S. V., Smirnov M. A. Hot deformation of martensitic and supermartensitic stainless steels // Trans Tech Publications. 2016. V. 870. P. 259–264.
8. ГОСТ Р 54570–2011. Сталь. Методы оценки степени полосчатости или ориентации микроструктур. М. : Стандартиформ, 2012. 32 с.
9. Evolution of Microstructure in Stainless Martensitic Steel for Seamless Tubing / I. Yu. Pyshmintsev [et al.] // AIP Conf. Proc. 2017. V. 1915. P. 040048-1-040048-5.